

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-74597

(43)公開日 平成10年(1998)3月17日

(51) Int.Cl.⁶
 H 05 H 1/46
 C 23 F 4/00
 H 01 L 21/027
 21/3065

識別記号 庁内整理番号

F I
 H 05 H 1/46
 C 23 F 4/00
 H 01 L 21/30
 21/302

技術表示箇所
 A
 A
 572 A
 B

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全9頁)

(21)出願番号 特願平8-231201

(71)出願人 000136778
株式会社プラズマシステム
東京都国立市谷保992

(22)出願日 平成8年(1996)8月30日

(72)発明者 仲上 慎二
東京都国立市谷保992 株式会社プラズマ
システム内

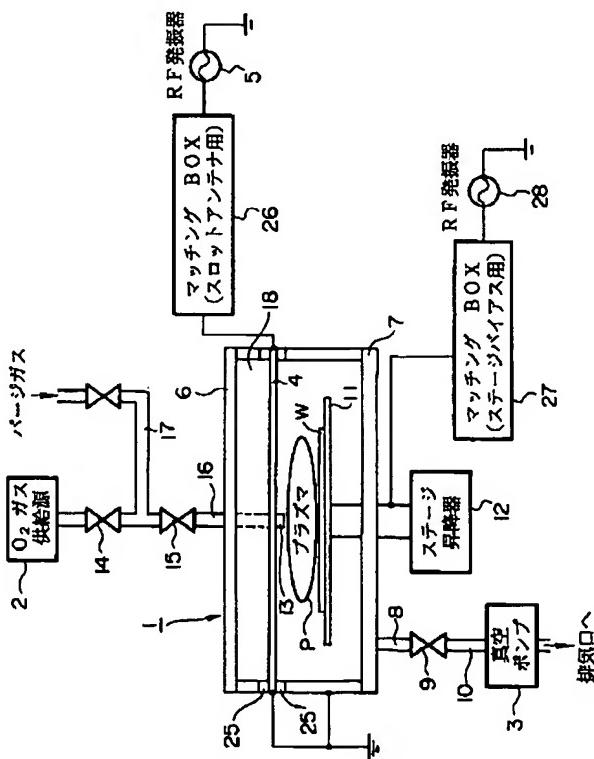
(74)代理人 弁理士 志賀 正武 (外2名)

(54)【発明の名称】 プラズマ発生装置およびプラズマ処理装置

(57)【要約】

【課題】 不純物発生、エネルギー効率低下等の問題が生じることなく、大型の基板を均一性良く処理し得るプラズマ処理装置を提供する。

【解決手段】 半導体ウェハWを収容する真空チャンバー1と、真空チャンバー1へのO₂ガス供給源2と、チャンバー内を排気するための真空ポンプ3と、電磁波を放射してプラズマPを発生させるためのスロットアンテナ4、RF発振器5、等を備えている。また、スロットアンテナ4は、複数のループ状のスロットが導体板上に並列配置され、各スロットの内側導体と外側導体のそれぞれに給電点が設けられた構成となっている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 内部の圧力が制御可能な真空容器と、該真空容器内にガスを供給するガス供給手段と、ガスが導入された前記真空容器内に電磁波を放射することでプラズマを発生させるプラズマ発生手段、を有するプラズマ発生装置において、

前記プラズマ発生手段が、電磁波を放射するスロットを誘電体上の導体に形成したスロットアンテナと、該スロットアンテナに給電を行う高周波電源、を有することを特徴とするプラズマ発生装置。

【請求項2】 請求項1に記載のプラズマ発生装置において、

前記スロットアンテナが、線状アンテナとの間の電磁界の双対性を利用して設計されていることを特徴とするプラズマ発生装置。

【請求項3】 内部に基板を収容しプラズマを用いて該基板の処理を行うための処理室と、該処理室内に処理ガスを供給するガス供給手段と、処理ガスが導入された前記処理室内に電磁波を放射することでプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記処理室内を所望の圧力に排気する排気手段、を有するプラズマ処理装置において、

前記プラズマ発生手段が、電磁波を放射するスロットを誘電体上の導体に形成したスロットアンテナと、該スロットアンテナに給電を行う高周波電源、を有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項4】 請求項3に記載のプラズマ処理装置において、

前記スロットが、溝の端部同士が繋がった形状であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項5】 請求項4に記載のプラズマ処理装置において、

複数の前記スロットが前記導体上に形成され、各スロットの内側導体と外側導体のそれぞれに給電点が設けられるとともに、各スロット間での給電位相を制御するための位相制御手段が設けられたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項6】 請求項3に記載のプラズマ処理装置において、

複数の前記スロットが前記導体上に形成されたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項7】 請求項6に記載のプラズマ処理装置において、

各スロット間が誘電体で仕切られたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、プラズマ発生装置およびプラズマ処理装置に関し、特に、高密度プラズマが得られる誘導結合型プラズマ発生装置を備え、半導体

デバイスや液晶ディスプレイ等の製造工程で使用されるドライエッティング装置、アッキング装置等のプラズマ処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体デバイスや液晶ディスプレイの製造工程で使用されるドライエッティング装置、アッキング装置等のプラズマ処理装置の分野において、近年、処理基板の大型化に伴って、処理室内で発生させるプラズマの大口径化が要求されている。また一方では、エッティングレート、アッキングレート等の所定の処理速度や装置のスループットを確保する目的でプラズマの高密度化も要求されている。このうち、プラズマの高密度化に関しては、プラズマの励起効率を促進するために、高周波を用いて誘導結合型プラズマ (Inductively Coupled Plasma, 以下、ICPと記す) を発生させる方法が採用されている。

【0003】 ICPは、主としてアンテナ励起用コイルに高周波電流を流し、これによって真空中に誘導電磁界を発生させ、プラズマを生成するものである。そして、その特徴は、ECR (Electron Cyclotron Resonance) 装置、マイクロ波プラズマ発生装置、マグネットロンRIE装置等と比べて装置構造が比較的簡単であるのに対して、高真空中において高密度なプラズマを均一性良く真空容器内に生成することである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上記ICPを用いたプラズマ処理装置を設計する上では、以下のようないくつかの問題点がある。

(1) アンテナ形状に依存するプラズマ密度分布の局在化の問題

ICPの高圧力使用下において、プラズマ密度の分布は、外部から与えられる電磁界、すなわちアンテナによって作られる電磁界の分布に強く依存した形になる。アンテナの形態としては、単一 (Single Design) 構造のアンテナが一般に用いられているが、この種のアンテナではアンテナ近傍の電磁界のみが強くなるため、アンテナの形状に強く依存したプラズマ密度分布の局在化が起こってしまう。

【0005】(2) 電磁界の空間分布の局在化の問題
プラズマの励起効率を上げるために高周波発振器の周波数を上げると、単一構造のアンテナではアンテナインピーダンスの上昇、あるいはアンテナで作られる電磁界の空間分布の局在化が起こる。これに対して、アンテナインピーダンスの上昇を抑えるためにアンテナ長を短縮することは、プラズマの大口径化と矛盾する考え方である。そして、たとえ大口径化ができたとしても、電磁界の空間的な不均一性はプラズマ密度の不均一性を引き起こす。従って、上記(1)、(2)の問題点が解決されなければ、大型の基板を均一性良く処理し得るプラズマ処理装置を実現することは困難となる。

【0006】(3) アンテナの作る静電界効果の問題
单一構造のアンテナでは高周波発振器によってアンテナを励振するとアンテナを構成する金属導体（銅パイプ等）の表面に対して垂直方向に強い振動電界（アンテナを励振する周波数で電界の向きも振動するような電界）が発生する。その一方、アンテナが作る電界によって荷電粒子であるプラズマに力の作用（電荷の正負と電界の向きによりアンテナに引き寄せられるか、または引き離されようとする力）が働く。通常、プラズマはその質量比が1000倍ほど異なる重い正イオンと電子から構成されているため、電界に対する感度（掛かる電界に対する移動割合）が異なり、例えば工業周波数13.56MHz等の比較的高い周波数の場合、重いイオンは高周波で振動する電界に追随できず位置の変化が現われないに対し、軽い電子はこの程度の周波数では充分に追随が可能であるため、電子のみが電界に即座に反応して位置を変えるようなプラズマの系が構成される。

【0007】このような場合、アンテナが作る電界がアンテナコイル面に対して平行であれば問題ないが、アンテナコイル面に対して垂直に振動しているとすると、電子のみがアンテナに引き付けられたり、引き離されたりと電界の振動に同期してアンテナとプラズマの間で電荷量が変化するような状態となる。この状態を長い時間のオーダーで見た場合、図8に示すように、電子eが平均的にアンテナ40（またはアンテナ40を被覆している誘電体41）近傍に過剰に存在する結果を生みだし、この過剰な電子eがアンテナ40とプラズマを隔てている誘電体42（真空容器）表面の電位をプラズマおよび接地電位に対して相対的に低く下げるような効果を誘発する。具体的には、例えば線状アンテナの場合、アンテナからの距離rの逆3乗に比例した強い静電界ができるため、強いVdcを誘発してしまう。なお、ここでのVdcとは、「アンテナとプラズマを隔てている誘電体（石英等）の真空容器側表面の時間平均の電位」と定義する。

【0008】また、上記Vdcの発生により正イオンの真空容器表面へのスパッタリングが生じるため、真空容器表面がたたかれて不純物が発生する、という基板処理上の重大な問題が生じることになる。また、Vdcを抑制する方法の一つに、アンテナとプラズマの間にファラデーシールドなる遮蔽板を挿入するという方法がある。しかしながら、ファラデーシールドの使用は放射される電磁界の減衰をもたらし、プラズマに対して効率良くエネルギーを供給することができないため、エネルギー効率の悪いプラズマ処理装置となってしまう。

【0009】以上、ICPを設計する際の問題点を説明した。さらに、特開平3-79025号公報には、電磁界を作り出すための平面状のコイルを備えたプラズマ処理装置が開示されている。このプラズマ処理装置は、平面状コイルが作る電磁界により誘導結合されたプラズマを発生させ、プラズマの均一化、高密度化を実現しよう

とするものである。しかしながら、このプラズマ処理装置においても、上記(3)の静電界効果の問題のところで述べたVdc発生メカニズムが正にあてはまり、誘電体レンズを併用する等、この問題を回避するには困難さを伴う。

【0010】本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであって、不純物発生、エネルギー効率低下等の問題が生じることなく、大型基板に対して、高密度プラズマの大口径化、均一化を可能としたプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明の請求項1に記載のプラズマ発生装置は、内部の圧力が制御可能な真空容器と、該真空容器内にガスを供給するガス供給手段と、ガスが導入された前記真空容器内に電磁波を放射することでプラズマを発生させるプラズマ発生手段、を有するプラズマ発生装置において、前記プラズマ発生手段が、電磁波を放射するスロットを誘電体上の導体に形成したスロットアンテナと、該スロットアンテナに給電を行う高周波電源、を有することを特徴とするものである。

【0012】また、請求項2に記載のプラズマ発生装置は、請求項1に記載のプラズマ発生装置において、前記スロットアンテナが、線状アンテナとの間の電磁界の双対性を利用して設計されていることを特徴とするものである。

【0013】本発明の請求項3に記載のプラズマ処理装置は、内部に基板を収容しプラズマを用いて該基板の処理を行うための処理室と、該処理室内に処理ガスを供給するガス供給手段と、処理ガスが導入された前記処理室内に電磁波を放射することでプラズマを発生させるプラズマ発生手段と、前記処理室内を所望の圧力に排気する排気手段を有するプラズマ処理装置において、前記プラズマ発生手段が、電磁波を放射するスロットを誘電体上の導体に形成したスロットアンテナと、該スロットアンテナに給電を行う高周波電源、を有することを特徴とするものである。

【0014】また、請求項4に記載のプラズマ処理装置は、請求項3に記載のプラズマ処理装置において、前記スロットが、溝の端部同士が繋がった形状であることを特徴とするものである。

【0015】また、請求項5に記載のプラズマ処理装置は、請求項4記載のプラズマ処理装置において、複数の前記スロットが前記導体上に形成され、各スロットの内側導体と外側導体のそれぞれに給電点が設けられるとともに、各スロット間での給電位相を制御するための位相制御手段が設けられたことを特徴とするものである。

【0016】また、請求項6に記載のプラズマ処理装置は、請求項3に記載のプラズマ処理装置において、複数の前記スロットが前記導体上に形成されたことを特徴と

するものである。

【0017】また、請求項7に記載のプラズマ処理装置は、請求項6記載のプラズマ処理装置において、各スロット間が誘電体で仕切られたことを特徴とするものである。

【0018】本発明のプラズマ処理装置は、プラズマ発生手段としてスロットアンテナを適用し、スロットアンテナが作り出す電磁界の特性を生かすことによって上記の目的を達成しようとするものである。スロットアンテナは、図9(a)に示すように、導体面上に設けられた細長いスロットs(溝、開口)と給電部よりなる電磁波の放射体、である。そして、電磁界の双対性を示したバビネの原理に表されるように、線状アンテナの一つであるダイポールアンテナ(図9(b)に示す)と補対構造を持つため、ダイポールアンテナの諸特性からスロットアンテナの特性を求めることができる。なお、スロットsは溝の長さをL、横幅をWとする。

$$W \ll L \leq \lambda \quad \dots \dots (1)$$

(λ:電磁波の波長)

となるように溝を設けるのが一般的とされている。

【0019】例えば、スロットアンテナが作る電磁界の分布を求めるために、ダイポールアンテナが作る電場をE_d、磁場をH_d、スロットアンテナが作る電場をE_s、磁場をH_sとすると、バビネの原理から、

$$E_s = Z_0 H_d \quad \dots \dots (2)$$

$$H_s = (1/Z_0) E_d \quad \dots \dots (3)$$

$$(Z_0 = \sqrt{(\mu_0/\epsilon_0)})$$

(ただし、 μ_0 : 真空の透磁率 ≈ $4\pi \times 10^{-7}$ (H m⁻¹)、 ϵ_0 : 真空の誘電率 ≈ 8.854×10^{-12} (Fm⁻¹))

が得られる。したがって、ダイポールアンテナの作る電

$$E_\psi^{\text{slot}} = Z_0 H_\psi^{\text{dipole}} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \frac{I_0 L \sin \theta e^{j(\omega t - kr)}}{4\pi} \left(\frac{j\omega}{cr} + \frac{1}{r^2} \right) \quad \dots \dots (9)$$

【数7】

$$E_r^{\text{slot}} = E_\theta^{\text{slot}} = 0 \quad \dots \dots (10)$$

磁場から(2)、(3)式を用いて間接的にスロットアンテナの電磁場を知ることが可能になる。

【0020】まず、ダイポールアンテナの作る電磁場は、

(電場)

【数1】

$$E_r = \frac{I_0 L \cos \theta e^{j(\omega t - kr)}}{2\pi \epsilon_0} \left(\frac{1}{cr^2} + \frac{1}{j\omega r^3} \right) \quad \dots \dots (4)$$

【数2】

$$E_\theta = \frac{I_0 L \sin \theta e^{j(\omega t - kr)}}{4\pi \epsilon_0} \left(\frac{j\omega}{cr^2} + \frac{1}{cr^2} + \frac{1}{j\omega r^3} \right) \quad \dots \dots (5)$$

【数3】

$$E_\phi = 0 \quad \dots \dots (6)$$

(磁場)

【数4】

$$H_\psi = \frac{I_0 L \sin \theta e^{j(\omega t - kr)}}{4\pi} \left(\frac{j\omega}{cr} + \frac{1}{r^2} \right) \quad \dots \dots (7)$$

【数5】

$$H_r = H_\theta = 0 \quad \dots \dots (8)$$

ただし、電磁場の方向は図10のようになる。

【0021】そして、(2)、(3)式よりスロットアンテナの作る電磁場を求める。

(電場)

【数6】

(磁場)

【数8】

$$\begin{aligned} H_r^{\text{slot}} &= \frac{1}{Z_0} \frac{I_0 L \cos \theta e^{j(\omega t - kr)}}{2\pi \epsilon_0} \left(\frac{1}{cr^2} + \frac{1}{j\omega r^3} \right) \\ &= \frac{I_0 L \cos \theta e^{j(\omega t - kr)} k^2}{2\pi} \left(\frac{1}{(kr)^2} + \frac{1}{j(kr)^3} \right) \quad \dots \dots (11) \end{aligned}$$

【数9】

$$H_\theta^{\text{slot}} = \frac{I_0 L \sin \theta e^{j(\omega t - kr)} k^2}{4\pi} \left(\frac{1}{(kr)} + \frac{1}{(kr)^2} + \frac{1}{j(kr)^3} \right) \quad \dots \dots (12)$$

【数10】

$$H_{\psi}^{\text{slot}} = 0 \quad \cdots (13)$$

となる。

【0022】ダイポールアンテナの場合、これによって作られる電場は、(4)、(5)式中の逆3乗項に見られるように、近接場として支配的な静電界の影響が非常に大きいのに対し、スロットアンテナの場合、電場は、(9)、(10)式から判るように、逆3乗項がなく、静電界の影響が出てこないことがわかる。このことはICPで問題になっているアンテナとプラズマの静電界による結合がないことを示唆している。

【0023】また、スロットアンテナを用いた場合、スロット開口の持つ自由度（開口の位置、開口面積、開口形状等）によって電磁波強度分布を均一化することが可能なため、プラズマ密度の均一性を制御することが容易になり、かつ、プラズマの大口径化にも対応が可能になる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施の形態を図1～図5を参照して説明する。図1は本実施の形態のプラズマ処理装置の構成を示す図であって、具体的には、半導体デバイスの製造プロセス中でレジスト除去に使用するICPアッキング装置の例である。図中符号1は真空チャンバー（処理室）、2はO₂ガス供給源（ガス供給手段）、3は真空ポンプ（排気手段）、4はスロットアンテナ（プラズマ発生手段）、5はRF発振器（高周波電源、プラズマ発生手段）、Wは半導体ウェハ（基板）、である。

【0025】図1に示すように、本プラズマ処理装置は、真空チャンバー1（内部の圧力が制御可能な真空容器）、O₂ガス供給源2（ガス供給手段）、スロットアンテナ4（プラズマ発生手段）、RF発振器5（高周波電源、プラズマ発生手段）からなるプラズマ発生装置を含んでいる。

【0026】金属製の上部筐体6、下部筐体7からなる真空チャンバー1の下部には排気口8が設けられ、排気口8にはバルブ9を備えた排気管10を介して真空ポンプ3が接続されている。そして、真空ポンプ3の作動に

$$Z_{D2} = 4 Z_{D1}$$

という関係が得られる。したがって、折り返しスロットアンテナの解析も等価的にダイポールアンテナの解析が利用できる。

【0030】折り返しスロットアンテナの具体的な寸法の一例は、次のようにになる。例えばスロットアンテナの

$$Z_{D1} = 10 - j 550 \Omega$$

よって、折り返しダイポールアンテナの入力インピーダンスZ_{D2}は、

$$Z_{D2} = 4 Z_{D1} = 4 (10 - j 550) = 40 - j 2200 \Omega \quad \cdots (16)$$

よって、折り返しスロットアンテナの入力インピーダンスZ_sは、

$$Z_s = 0.29 + j 16.1 \Omega$$

より排気口8を通じて真空チャンバー1内が数Pa～数百Pa程度に排気される構成となっている。また、真空チャンバー1の下部には、処理すべき半導体ウェハWを保持するためのプロセス処理ステージ11が設けられており、真空チャンバー1内でプロセス処理ステージ11の位置（高さ）を調節するためのステージ昇降器12が設置されている。

【0027】真空チャンバー1の上部にはガス導入口13が設けられ、バルブ14、15を備えたガス導入管16を介してO₂ガスポンベ等からなるO₂ガス供給源2が接続されている。そして、このO₂ガス供給源2から真空チャンバー1内にレジスト除去用の処理ガスであるO₂ガスが導入される構成となっている。さらに、ガス導入管16の途中にはバージガス導入管17が接続され、これを通じて真空チャンバー1内をバージするための、例えばN₂ガス等が導入されるようになっている。

【0028】また、真空チャンバー1の上部には、真空チャンバー1内に電磁波を放射してプラズマPを励起、発生させるためのスロットアンテナ4が設置されている。スロットアンテナ4は、図2に示すように、誘電体18上に設けられた導体板19に複数のスロット20、20、…が交互に位置するように形成されている。本実施の形態の場合、各スロット20は、直線状の単なる切り溝ではなく、溝の端部同士が繋がった長方形のループ状の形状となっている。この形態のスロットアンテナは折り返しスロットアンテナと呼ばれるものである。そして、各スロット20の内側にあたる内側導体21と外側にあたる外側導体22のそれぞれに給電点23、24が設けられた、折り返しスロット給電方式を探っている。

【0029】図5(a)、(b)に示すように、折り返しスロットアンテナA_sは、折り返しダイポールアンテナA_Dと補対構造を持つため、このように呼ばれている。また、折り返しダイポールアンテナA_Dは、「2つ以上のアンテナが並列に極めて隣接し、その先端部を互いに接続してこれらのダイポールのうち1つを中心で給電したアンテナ」と定義される。通常のダイポールアンテナの入力インピーダンスをZ_{D1}、折り返しダイポールアンテナの入力インピーダンスをZ_{D2}とした時、近似的に、

$$\cdots \cdots (14)$$

励振周波数を300MHzとすると、波長λ=1mとなる。ここで、アンテナ長と波長の比l/λ=0.1、アンテナ長とアンテナ厚さの比l/a=60の場合、ダイポールアンテナの入力インピーダンスZ_{D1}は、

$$\cdots \cdots (15)$$

$$\cdots \cdots (17)$$

程度となる。この結果から、アンテナ励振周波数が300MHzの場合の折り返しスロットアンテナの寸法の一例は、図3に示したようになる。

【0031】図1に示すように、スロットアンテナ4は、金属製の上部筐体6および下部筐体7から誘電体25、25によって絶縁された状態でこれら筐体6、7間に取り付けられている。そして、各スロット20における内側導体21側の給電点23にはマッチングボックス26、RF発振器5が順次接続されており、外側導体22側の給電点24は下部筐体7とともに接地されている。このスロットアンテナ4への給電構造の一形態をより詳細に示したもののが図4である。

【0032】図4に示すように、スロットアンテナ4の内側導体21の下方にボックス状の導体の箱43が配置されている。この構成により、スロット20から放射される電磁界が下方には及ばず上方のみに伝達され、電磁波を効率良く真空チャンバー1内に送り込むことが可能となる。そして、内側導体21が箱43の底部に設置された絶縁体44に支持され、マッチングボックス26、RF発振器5に続く同軸管45a、45bにより給電がなされるようになっている。その一方、箱43は接地されている。また、RF発振器5からの同軸管45bの途中には分配器46が設置されて各スロットアンテナへの給電が行われるとともに、各スロットアンテナに接続される同軸管45aの途中には位相補正器47（位相制御手段）が接続されている。この位相補正器47は、アンテナの並列化の際に生じる各スロットアンテナ間での給電位相のずれの補正およびインピーダンスの初段マッチング調整に用いるものである。

【0033】すなわち、RF発振器5から内側導体21側の給電点23に印加される高周波の給電位相は、各スロット20間で個別に調整できる構成となっている。したがって、各スロット20の位相を同位相としてもよいし、意図的に変えてもよい。また、プロセス処理ステージ11にもステージバイアス用のマッチングボックス27、RF発振器28が順次接続されている。なお、これらRF発振器5、28は、数MHz～数GHzの高周波を発振し得るものである。

【0034】上記構成のプラズマ処理装置を使用する際には、真空ポンプ3を用いて真空チャンバー1内を数mTorr～数Torr程度に排気した後、O₂ガスを導入するとともにRF発振器5からスロットアンテナ4に高周波を印加する。すると、スロットアンテナ4の各スロット20から電磁波が放射されて真空チャンバー1内にプラズマPが発生し、O₂ガスがプラズマP中で解離してできた酸素ラジカルと半導体ウェハW上のレジストが化学反応を起こすことによって、レジストが分解、気化して除去される。

【0035】本実施の形態のプラズマ処理装置は、1枚の導体板19上に複数のスロット20、20、…を形成

したことと、あたかも複数のスロットアンテナを並列配置したような形態となっている。したがって、1つのスロットの形状や寸法を自由に設計できることに加えて、複数のスロットアンテナの配置や相対位置についても自由に設計することができる。このように、スロットアンテナを設計する上での自由度が高いことを利用して真空チャンバー1内の電磁界の強度分布を均一化することができるため、プラズマ密度の均一性を制御することが容易になり、かつ、プラズマ密度の均一性を維持したままプラズマの大口径化を図ることができる。その結果、本実施の形態のプラズマ処理装置によれば、大口径の半導体ウェハを均一性良く処理することができ、大口径化に対して良好なプラズマ処理装置とすることができる。

【0036】また、電磁界を作るアンテナとしてスロットアンテナを採用することで、上述したようなスロットアンテナ特有の作用によりアンテナからの距離rの逆3乗に比例する静電界の発生を抑えることができる。そのため、アンテナとプラズマの間に存在する真空チャンバー1表面のVdcが上昇する事なく、真空チャンバー1表面へのスパッタリングが生じないため、従来装置の問題点であった不純物の発生を防止することができる。また、Vdcの上昇がなく、かつ、ファラデーシールドを用いる必要がなくなるため、プラズマに対して効率良くエネルギーを供給でき、エネルギー効率の高いプラズマ処理装置を実現することができる。

【0037】また、スロットアンテナはダイポールアンテナと補対構造を持つため、例えばスロットアンテナによる電磁界分布の解析を行う際にはダイポールアンテナでの解析結果に基づいてスロットアンテナにおける解析結果を得ることができる。したがって、プラズマ処理装置の製作にあたってスロットアンテナの設計を容易に、かつ効率良く行うことが可能になる。さらに、図1を見ても判るように、装置の構造が非常に簡単であるとともに、スロットアンテナの製作は導体板にスロットを切るのみで済むため、装置の製作が容易になる、という利点も有している。

【0038】なお、本発明の技術範囲は上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。例えば上記実施の形態では、スロット20の形状を長方形のループ状としたが、これに代えて他の形態のものでもよい。例えば、図6に示すような円環状のスロット30を用いて、上記実施の形態と同様に内側導体31、外側導体32それぞれに給電点33、34を設けるようにしてもよい。

【0039】また、溝の端部同士が繋がったループ形状のスロットに代えて、図7に示すように、1枚の導体板36上に単純な直線状のスロット37を複数、設けたスロットアンテナを用いてもよい。その場合、スロット3

7の両脇に給電点38、38を設けることになる。1枚の導体板上に単に複数のスロットを設け給電した場合、使用周波数によっては短絡効果が現われる。この場合には各スロット37間を誘電体39で仕切る構造を採用する。

【0040】そして、導体板上に設けるスロットの配置や数に関しては任意に設定することができ、さらに、各スロットに関してもその形状や寸法を任意に設定することができる。また、1枚の導体板上に複数のスロットを設けるのではなく、独立した複数の導体板にそれぞれスロットを設けた構成、すなわち複数のスロットアンテナを組み合わせて装置内に設置する構成としてもよい。そして、プラズマ処理装置におけるスロットアンテナ以外の他の構成要素についても適宜設計変更が可能であるし、本発明のプラズマ処理装置をアッティング装置のみならず、任意のエッチング装置等に適用することも勿論可能である。

【0041】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明のプラズマ処理装置によれば、プラズマ発生手段としてスロットアンテナを採用することで処理室内での静電界の発生を抑えることができる。その結果、処理室筐体表面のVdcが上昇しないため、不純物発生、エネルギー効率低下、といった従来装置の問題点を解消することができる。また、スロットアンテナの採用により、例えば、導体上に複数のスロットを並列配置するようなこともでき、スロットアンテナ設計上の自由度が高いことをを利用して処理室内の電磁界の強度分布を均一化することができる。したがって、プラズマ密度の均一性を制御することができになり、かつ、プラズマの大口径化を図ることができる。すなわち、本発明によれば、大口径の基板を均一性良く処理することができ、処理基板の大口径化に対して好適なプラズマ処理装置とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施の形態であるプラズマ処理装置を示す概略構成図である。

【図2】 同、装置のスロットアンテナを示す平面図である。

【図3】 同、スロットアンテナのスロット寸法の一例を示す図である。

【図4】 同、スロットアンテナの給電構造を示す概略構成図である。

【図5】 (a) 折り返しダイポールアンテナ、(b) 折り返しスロットアンテナの補対構造を示す図である。

【図6】 スロット形状の他の例を示す平面図である。

【図7】 スロットアンテナの他の例を示す平面図である。

【図8】 静電界効果によるVdc上昇のメカニズムを説明するための図である。

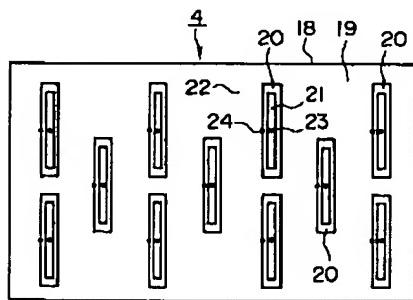
【図9】 (a) スロットアンテナ、(b) ダイポールアンテナの補対構造を示す図である。

【図10】 ダイポールアンテナにおける電磁場の方向を示す図である。

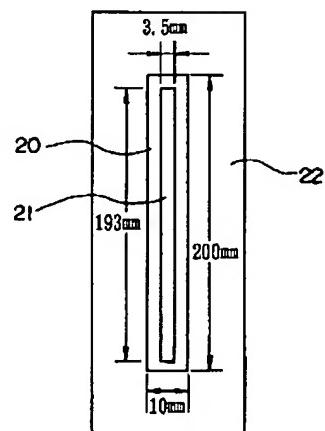
【符号の説明】

- 1 真空チャンバー（処理室）
- 2 O₂ガス供給源（ガス供給手段）
- 3 真空ポンプ（排気手段）
- 4 スロットアンテナ（プラズマ発生手段）
- 5 RF発振器（高周波電源、プラズマ発生手段）
- 18 誘電体
- 19, 36 導体板（導体）
- 20, 30, 37 スロット
- 21, 31 内側導体
- 22, 32 外側導体
- 23, 24, 33, 34 給電点
- 47 位相補正器（位相制御手段）
- P プラズマ
- W 半導体ウェハ（基板）

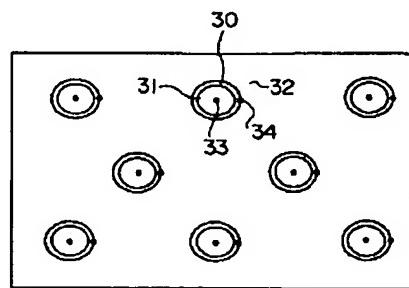
【図2】



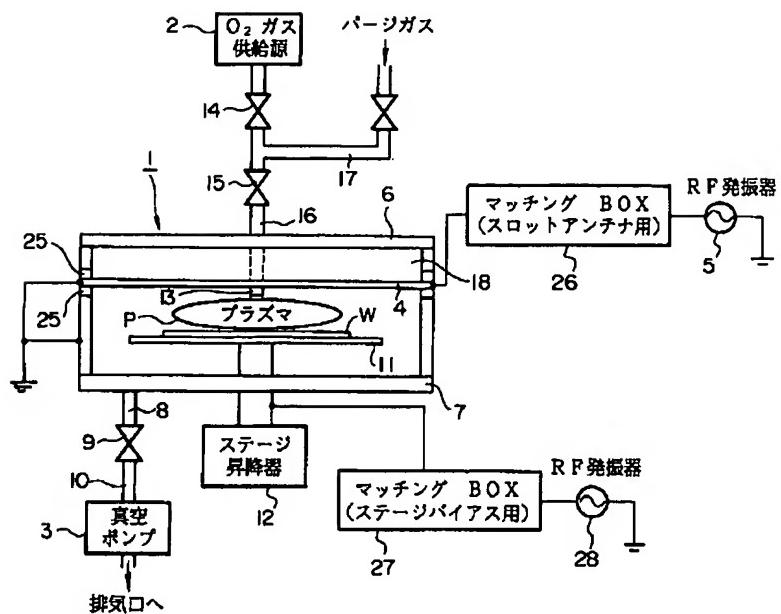
【図3】



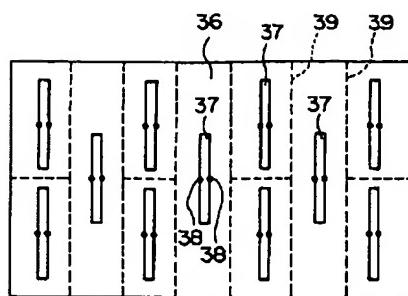
【図6】



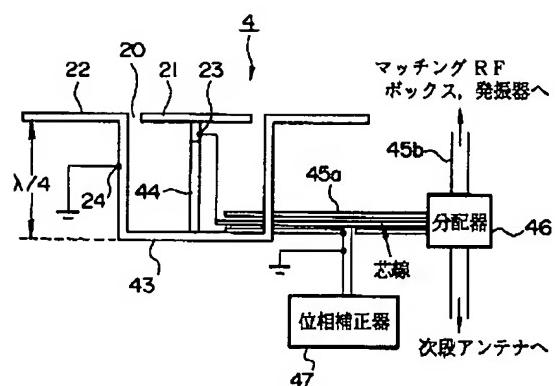
【図1】



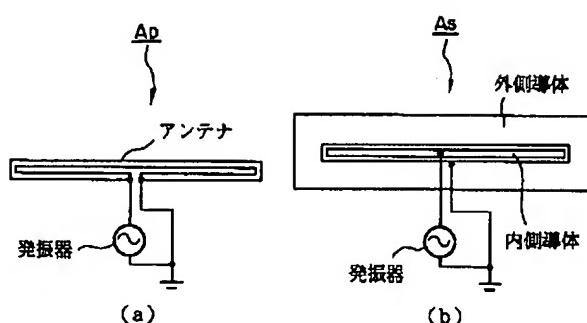
【図7】



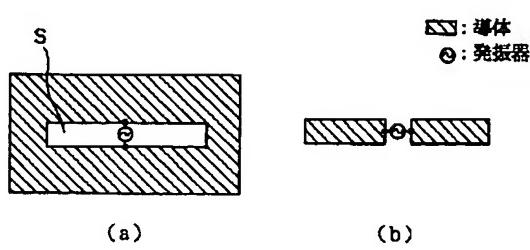
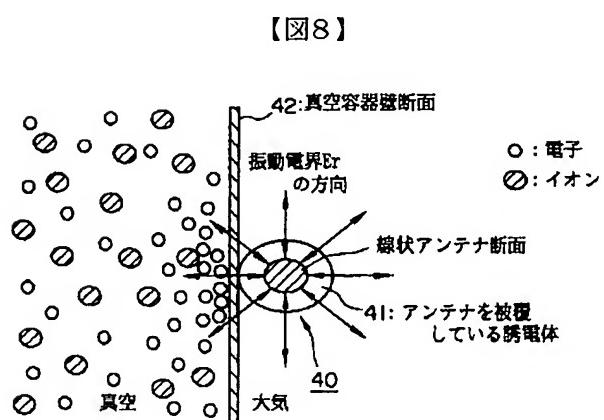
【図4】



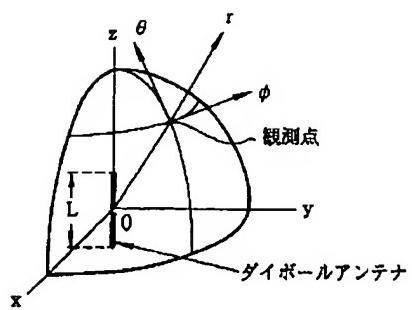
【図5】



【図9】



【図10】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 10-074597

(43) Date of publication of application : 17.03.1998

(51) Int.Cl.

H05H 1/46
C23F 4/00
H01L 21/027
H01L 21/3065

(21)Application number : 08-231201

(71)Applicant : PLASMA SYST:KK

(22) Date of filing : 30.08.1996

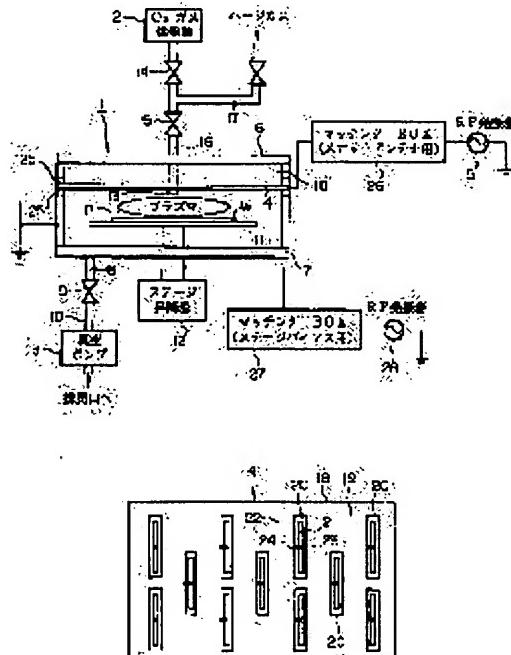
(72)Inventor : NAKAGAMI SHINJI

(54) PLASMA GENERATING DEVICE AND PLASMA TREATING DEVICE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the generation of impurities and drop in energy efficiency, and uniformly treat a large substrate by using plasma generating means having a slot antenna and a high frequency power source for supplying power to the slot antenna.

SOLUTION: A chamber 1 is exhausted with a vacuum pump 3, oxygen gas is introduced into the chamber 1, high frequency is applied to a slot antennas 4 from an RF oscillator 5, and plasma P is generated. By forming a slot 20 on one conductor plate 19, the antenna 4 is formed as if a plurality of antennas are arranged in parallel. The shape or dimension of one slot can freely be designed and the arrangement or the relative position of a plurality of antennas can also freely be designed. By utilizing high freedom in the antenna design, since the intensity distribution of an electromagnetic field in the chamber 1 is made uniform, the uniformity in plasma density is easily controlled, and the larger caliber of the plasma is made possible. Increase in Vdc on the surface of the chamber 1 is prevented and the generation of impurities is also prevented.



*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]A vacuum housing with an internal controllable pressure, and a gas supply means which supplies gas in this vacuum housing, In a plasma generator which has a plasma generation means which generates plasma by emitting electromagnetic waves in said vacuum housing in which gas was introduced, A slot antenna with which said plasma generation means formed in a conductor on a dielectric a slot which emits electromagnetic waves, and a plasma generator having an RF generator which supplies electric power to this slot antenna.

[Claim 2]A plasma generator, wherein said slot antenna is designed in the plasma generator according to claim 1 using the duality of electromagnetic field between linear antennas.

[Claim 3]A processing chamber for accommodating a substrate in an inside and processing this substrate using plasma, A gas supply means which supplies raw gas in this processing chamber, and a plasma generation means which generates plasma by emitting electromagnetic waves in said processing chamber where raw gas was introduced, In a plasma treatment apparatus which has an exhaust means which exhausts the inside of said processing chamber to a desired pressure, A slot antenna with which said plasma generation means formed in a conductor on a dielectric a slot which emits electromagnetic waves, and a plasma treatment apparatus having an RF generator which supplies electric power to this slot antenna.

[Claim 4]A plasma treatment apparatus characterized by said slot being the shape where the ends of a slot were connected in the plasma treatment apparatus according to claim 3.

[Claim 5]While said two or more slots are formed on said conductor and the feeding point is provided in each of an inside conductor of each slot, and an outer conductor in the plasma treatment apparatus according to claim 4, A plasma treatment apparatus, wherein a phase control means for controlling a feeding phase between each slot is established.

[Claim 6]A plasma treatment apparatus, wherein said two or more slots are formed on said

conductor in the plasma treatment apparatus according to claim 3.

[Claim 7]A plasma treatment apparatus dividing with a dielectric in the plasma treatment apparatus according to claim 6 between each slot.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]**[0001]**

[Field of the Invention] This invention about a plasma generator and a plasma treatment apparatus especially, It has an inductive-coupling type plasma generator in which high density plasma is obtained, and is related with plasma treatment apparatus used by the manufacturing process of a semiconductor device, a liquid crystal display, etc., such as a dry etching system and an ashing device.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the field of plasma treatment apparatus, such as a dry etching system, an ashing device, etc. which are used by the manufacturing process of a semiconductor device or a liquid crystal display, large caliber-ization of the plasma generated in a processing chamber is demanded with enlargement of a treating substrate in recent years. On the other hand, the densification of plasma is also demanded in order to secure predetermined processing speed, such as an etching rate and an ashing rate, and the throughput of a device. Among these, in order to promote the excitation efficiency of plasma about the densification of plasma, the method of using high frequency and generating inductively coupled plasma (Inductively Coupled Plasma and the following describe it as ICP) is adopted.

[0003] ICP mainly sends the high frequency current through the coil for antenna excitation, by this, generates an induction field in a vacuum and generates plasma. And although the feature is comparatively simple for device structure compared with an ECR (Electron Cyclotron Resonance) device, a microwave plasma generator, a magnetron RIE system, etc., it receives, It is generating high-density plasma with sufficient homogeneity in a vacuum housing under a high vacuum.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] When designing the plasma treatment apparatus using the above-mentioned ICP, there are the following problems.

(1) Under high-pressure-force use of problem ICP of localization of plasma density distribution depending on antenna shape, distribution of plasma density becomes the form for which it depended to distribution of the electromagnetic field given from the outside, i.e., the electromagnetic field made by an antenna, strongly. As a gestalt of an antenna, although the antenna of single (Single Design) structure is generally used, since only the electromagnetic field near the antenna become strong, with this kind of antenna, localization of the plasma density distribution for which it depended in the shape of an antenna strongly will take place.

[0005](2) If the frequency of a high-frequency oscillator is raised in order to raise the excitation efficiency of the problem plasma of localization of the spatial distribution of electromagnetic field, with the antenna of single structure, the rise of antenna impedance or localization of the spatial distribution of the electromagnetic field made with an antenna will take place. On the other hand, it intends to be contradictory to large caliber-ization of plasma to shorten antenna length, in order to suppress the rise of antenna impedance. And even if it can perform large caliber-ization, the spatial heterogeneity of electromagnetic field will cause the heterogeneity of plasma density. Therefore, if the problem of the above (1) and (2) is not solved, it becomes difficult to realize the plasma treatment apparatus which can process a large-sized substrate with sufficient homogeneity.

[0006](3) With the antenna of the problem single structure of the electrostatic field effect which an antenna makes, if an antenna is excited with a high-frequency oscillator, a perpendicularly strong vibration electric field (electric field in which direction of an electric field also vibrates on the frequency which excites an antenna) will occur to the surface of the metallic conductors (copper pipe etc.) which constitute an antenna. An operation (power which can draw near to an antenna by the positive/negative of an electric charge and direction of an electric field, or is going to be pulled apart) of power works to the plasma which is a charged particle by the electric field which an antenna makes on the other hand. Usually, since plasma comprises the heavy positive ion and electron in which the mass ratios differ about 1000 times, The sensitivity (move rate over the built electric field) to an electric field differs, and In for example, the case of comparatively high frequency, such as industrial frequency of 13.56 MHz. Since the light electron can fully follow in footsteps on frequency of this level to the heavy ion being unable to follow in footsteps of the electric field which vibrates by high frequency, and change of a position not appearing, a system of plasma which only an electron reacts to an electric field immediately and changes a position is constituted.

[0007]In such a case, if the electric field which an antenna makes is parallel to an antenna coil side, it is satisfactory, but supposing it is vibrating vertically to an antenna coil side, It will be in the state where charge quantity changes between an antenna and plasma synchronizing with

vibration of an electric field being drawn by only the electron at an antenna or being pulled away. When this state is seen to the order of long time, as shown in drawing 8, the result to which the electron e exists in the antenna 40 (or dielectric 41 which has covered the antenna 40) neighborhood superfluously on the average is produced, The effect that this superfluous electron e lowers relatively low the potential of the dielectric 42 (vacuum housing) surface which has separated the antenna 40 and plasma to plasma and earth potentials is induced. Since the strong electrostatic field proportional to the reverse cube of the distance r from an antenna is specifically made, for example in the case of a linear antenna, strong Vdc will be induced. It is defined as "potential of the time average of the vacuum housing side surface of dielectrics (quartz etc.) which has separated an antenna and plasma" in Vdc here.

[0008]Since sputtering on the surface of a vacuum housing of a positive ion arises by generating of the above Vdc, the serious problem of the substrate treatment of the vacuum housing surface being struck and being generated by the impurity will arise. one of the methods of controlling Vdc -- between an antenna and plasma -- a Faraday shield -- there is a method of inserting a shield. However, since the use of a Faraday shield cannot bring about attenuation of the electromagnetic field emitted and cannot supply energy efficiently to plasma, it will be a plasma treatment apparatus with bad energy efficiency.

[0009]In the above, the problem at the time of designing ICP was explained. The plasma treatment apparatus which equipped JP,3-79025,A with the planate coil for making electromagnetic field is indicated. This plasma treatment apparatus generates the plasma in which inductive coupling was carried out by the electromagnetic field which a planate coil makes, and tends to realize equalization of plasma, and densification. However, also in this plasma treatment apparatus, the Vdc generating mechanism which the problem of the electrostatic field effect of the above (3) described by the way is just applied, and follows difficulty on avoiding these problems, such as using a dielectric lens together.

[0010]This invention was made in order to solve the above-mentioned technical problem, and it is ****. The purpose is to provide the plasma treatment apparatus which enabled large-caliberizing of high density plasma, and equalization to a large sized substrate, without problems, such as generating and an energy efficiency fall, arising.

[0011]

[Means for Solving the Problem]In order to attain the above-mentioned purpose, the plasma generator of this invention according to claim 1, A vacuum housing with an internal controllable pressure, and a gas supply means which supplies gas in this vacuum housing, In a plasma generator which has a plasma generation means which generates plasma by emitting electromagnetic waves in said vacuum housing in which gas was introduced, Said plasma generation means has an RF generator which supplies electric power to a slot antenna which

formed in a conductor on a dielectric a slot which emits electromagnetic waves, and this slot antenna.

[0012]As for the plasma generator according to claim 2, in the plasma generator according to claim 1, said slot antenna is designed using the duality of electromagnetic field between linear antennas.

[0013]The plasma treatment apparatus of this invention according to claim 3, A processing chamber for accommodating a substrate in an inside and processing this substrate using plasma, A gas supply means which supplies raw gas in this processing chamber, and a plasma generation means which generates plasma by emitting electromagnetic waves in said processing chamber where raw gas was introduced, In a plasma treatment apparatus which has an exhaust means which exhausts the inside of said processing chamber to a desired pressure, it has an RF generator which supplies electric power to a slot antenna with which said plasma generation means formed in a conductor on a dielectric a slot which emits electromagnetic waves, and this slot antenna.

[0014]The plasma treatment apparatus according to claim 4 is characterized by said slot being the shape where the ends of a slot were connected in the plasma treatment apparatus according to claim 3.

[0015]The plasma treatment apparatus according to claim 5, In the plasma treatment apparatus according to claim 4, while said two or more slots were formed on said conductor and the feeding point was provided in each of an inside conductor of each slot, and an outer conductor, a phase control means for controlling a feeding phase between each slot was established.

[0016]As for the plasma treatment apparatus according to claim 6, in the plasma treatment apparatus according to claim 3, said two or more slots were formed on said conductor.

[0017]The plasma treatment apparatus according to claim 7 was divided with a dielectric in the plasma treatment apparatus according to claim 6 between each slot.

[0018]A plasma treatment apparatus of this invention tends to apply a slot antenna as a plasma generation means, and tends to attain the above-mentioned purpose by employing efficiently the characteristic of electromagnetic field which a slot antenna makes. a radiant surface of electromagnetic waves which consist of the long and slender slot s (a slot, an opening) established on a conductor side, and a feed part as a slot antenna is shown in drawing 9 (a) -- it comes out. And since it has a dipole antenna (shown in drawing 9 (b)) and **** structure which are one of the linear antennas so that it may be expressed to Babinet's principle which showed the duality of electromagnetic field, it can ask for the characteristic of a slot antenna from the various characteristics of a dipole antenna. The slot s is $W \ll L \leq \lambda$, when the length of a slot is set to L and it sets breadth to W. (1)
(lambda: Wavelength of electromagnetic waves)

It is made general to provide a slot so that it may become.

[0019]For example, if an electric field where E_d makes an electric field which a dipole antenna makes, and H_d and a slot antenna make a magnetic field is made into E_s and a magnetic field is made into H_s in order to search for distribution of electromagnetic field which a slot antenna makes, From Babinet's principle to $E_s = Z_0 H_d$ ---- (2)

$$H_s = (1/Z_0) E_d \quad \text{--- (3)}$$

$$(Z_0 = \sqrt{\mu_0 / \epsilon_0})$$

(However, μ_0 :space-permeability $\approx 4\pi \times 10^{-7}$ (Hm $^{-1}$), ϵ_0 : Dielectric-constant-of-vacuum $\approx 8.854 \times 10^{-12}$ (Fm $^{-1}$))

*****. Therefore, it becomes possible to get to know an electromagnetic field of a slot antenna indirectly using (2) and (3) types from an electromagnetic field which a dipole antenna makes.

[0020]First, an electromagnetic field (electric field) which a dipole antenna makes,

[Equation 1]

$$E_r = \frac{I_0 L \cos \theta e^{j(\omega t - kr)}}{2\pi \epsilon_0} \left(\frac{1}{cr^2} + \frac{1}{j\omega r^3} \right) \quad \text{--- (4)}$$

[Equation 2]

$$E_\theta = \frac{I_0 L \sin \theta e^{j(\omega t - kr)}}{4\pi \epsilon_0} \left(\frac{j\omega}{c r^2} + \frac{1}{cr^2} + \frac{1}{j\omega r^3} \right) \quad \text{--- (5)}$$

[Equation 3]

$$E_\phi = 0 \quad \text{--- (6)}$$

(Magnetic field)

[Equation 4]

$$H_\phi = \frac{I_0 L \sin \theta e^{j(\omega t - kr)}}{4\pi} \left(\frac{j\omega}{cr} + \frac{1}{r^2} \right) \quad \text{--- (7)}$$

[Equation 5]

$$H_r = H_\theta = 0 \quad \text{--- (8)}$$

However, the direction of an electromagnetic field becomes like drawing 10.

[0021]And when it asks for an electromagnetic field which a slot antenna makes from (2) and

(3) types (electric field),

[Equation 6]

$$E_{\psi}^{\text{slot}} = Z_0 H_{\psi}^{\text{dipole}} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \frac{I_0 L \sin \theta e^{j(\omega t - kr)}}{4\pi} \left(\frac{j\omega}{cr} + \frac{1}{r^2} \right) \quad \dots (9)$$

[Equation 7]

$$E_r^{\text{slot}} = E_{\theta}^{\text{slot}} = 0 \quad \dots (10)$$

(Magnetic field)

[Equation 8]

$$\begin{aligned} H_r^{\text{slot}} &= \frac{1}{Z_0} \frac{I_0 L \cos \theta e^{j(\omega t - kr)}}{2\pi \epsilon_0} \left(\frac{1}{cr^2} + \frac{1}{j\omega r^3} \right) \\ &= \frac{I_0 L \cos \theta e^{j(\omega t - kr)} k^2}{2\pi} \left(\frac{1}{(kr)^2} + \frac{1}{j(kr)^3} \right) \quad \dots (11) \end{aligned}$$

[Equation 9]

$$H_{\theta}^{\text{slot}} = \frac{I_0 L \sin \theta e^{j(\omega t - kr)} k^2}{4\pi} \left(\frac{1}{(kr)} + \frac{1}{(kr)^2} + \frac{1}{j(kr)^3} \right) \quad \dots (12)$$

[Equation 10]

$$H_{\psi}^{\text{slot}} = 0 \quad \dots (13)$$

It becomes.

[0022] In the case of a dipole antenna, an electric field made by this, In the case of a slot antenna, it turns out that there is no reverse cube paragraph and influence of an electrostatic field does not come out as an electric field shown in (9) and (10) types to one in which influence of an electrostatic field dominant as approaching space is very great so that a reverse cube paragraph in (4) and (5) types may see. This has suggested that there is no combination by an electrostatic field of an antenna which has been a problem by ICP, and plasma.

[0023] Since it is possible to equalize electromagnetic-wave-intensities distribution with flexibility (a position of an opening, an effective area product, aperture shape, etc.) which a slot opening has when a slot antenna is used, it becomes easy to control the homogeneity of plasma density, and correspondence becomes possible also at large caliber-ization of plasma.
[0024]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the 1 embodiment of this invention is described with reference to drawing 1 - drawing 5. Drawing 1 is a figure showing the composition of the plasma treatment apparatus of this embodiment, and, specifically, is an example of the ICP ashing device used for resist removal in the manufacturing process of a semiconductor device. the numerals 1 in a figure -- a vacuum chamber (processing chamber) and 2 -- O₂ gas supply source (gas supply means) and 3 -- a vacuum pump (exhaust means) and 4 -- a slot antenna (plasma generation means) and 5 -- a RF oscillator (an RF generator, a plasma generation means) and W -- a semiconductor wafer (substrate) -- it comes out.

[0025] As shown in drawing 1, this plasma treatment apparatus The vacuum chamber 1 (vacuum housing with an internal controllable pressure), The plasma generator which consists of the O₂ gas supply source 2 (gas supply means), the slot antenna 4 (plasma generation means), and RF oscillator 5 (an RF generator, a plasma generation means) is included.

[0026] The exhaust port 8 is established in the lower part of the vacuum chamber 1 which consists of the metal upper housings 6 and the lower casing 7, and the vacuum pump 3 is connected to the exhaust port 8 via the exhaust pipe 10 provided with the valve 9. And it has the composition that the inside of the vacuum chamber 1 is exhausted by several pascals - about hundreds of Pa through the exhaust port 8 by the operation of the vacuum pump 3. The process treatment stage 11 for holding semiconductor wafer W which should be processed is formed in the lower part of the vacuum chamber 1, and the stage rise-and-fall machine 12 for adjusting the position (height) of the process treatment stage 11 within the vacuum chamber 1 is installed.

[0027] The gas inlet 13 is established in the upper part of the vacuum chamber 1, and the O₂ gas supply source 2 which consists of an O₂ gas bomb etc. via the gas introducing pipe 16 provided with the valves 14 and 15 is connected. And it has the composition that O₂ gas which is the raw gas for resist removal is introduced in the vacuum chamber 1 from this O₂ gas supply source 2. N₂ gas etc. are introduced, in order to connect the purge gas introduction pipe 17 in the middle of the gas introducing pipe 16 and to purge the inside of the vacuum chamber 1 through this.

[0028] The slot antenna 4 for emitting electromagnetic waves in the vacuum chamber 1, and exciting and generating the plasma P is installed in the upper part of the vacuum chamber 1. As shown in drawing 2, the slot antenna 4 is formed so that two or more slots 20 and 20 and -- may be located in the conductor board 19 formed on the dielectric 18 by turns. In the case of this embodiment, each slot 20 serves as the looped shape rectangular shape where the ends of the slot instead of a linear shape mere end slot were connected. The slot antenna of this gestalt is called a clinch slot antenna. And the clinch slot feed system with which the feeding

points 23 and 24 were formed in each of the inside conductor 21 which hits inside each slot 20, and the outer conductor 22 which hits outside is taken.

[0029]As shown in drawing 5 (a) and (b), since it has clinch dipole antenna A_D and **** structure, clinch slot antenna A_S is called in this way. Clinch dipole antenna A_D is defined as "the antenna which two or more antennas adjoined extremely in parallel, connected the tip part of each other, and supplied electric power in the center in one of these dipoles." When the input impedance of Z_{D1} and a clinch dipole antenna is made into Z_{D2} for the input impedance of the usual dipole antenna, it is $Z_{D2} = 4Z_{D1}$ approximately.... (14)

The relation to say is obtained. Therefore, the analysis of a clinch slot antenna can also use the analysis of a dipole antenna equivalent.

[0030]An example of the concrete size of a clinch slot antenna is as follows. For example, if the exciting frequency of a slot antenna shall be 300 MHz, it will become the wavelength λ^{**1} (m). here -- the ratio of antenna length, and ratio $l/\lambda=0.1$ of wavelength and antenna length to antenna thickness -- the case of $l/a=60$ -- input-impedance Z_{D1} of a dipole antenna -- $Z_{D1} = 10-j550$ (omega) (15)

Therefore, input-impedance Z_{D2} [of a clinch dipole antenna], and $Z_{D2} = 4Z_{D1} = 4(10-j550) = 40-j2200$ (omega) (16)

Therefore, input-impedance Z_s of a clinch slot antenna and $Z_s = 0.29+j16.1$ (omega) (17)

It becomes a grade. From this result, an example of the size of a clinch slot antenna in case an antenna exciting frequency is 300 MHz came to be shown in drawing 3.

[0031]As shown in drawing 1, the slot antenna 4 is attached among these cases 6 and 7 in the state where it was insulated from the metal upper housing 6 and the lower casing 7 with the dielectrics 25 and 25. And the matching box 26 and RF oscillator 5 are connected one by one at the feeding point 23 by the side of the inside conductor 21 in each slot 20, and the feeding point 24 by the side of the outer conductor 22 is grounded with the lower casing 7. It is drawing 4 which showed one gestalt of the feed structure to this slot antenna 4 more to details.

[0032]As shown in drawing 4, the box 43 of the box-like conductor is arranged under the inside conductor 21 of the slot antenna 4. Below the electromagnetic field emitted from the slot 20 do not reach, but are transmitted only up, and this composition enables it to send in electromagnetic waves in the vacuum chamber 1 efficiently. And the inside conductor 21 is supported by the insulator 44 installed in the pars basilaris ossis occipitalis of the box 43, and electric supply is made by the coaxial tubes 45a and 45b following the matching box 26 and RF oscillator 5. One of these and the box 43 are grounded. While the distributor 46 is installed in the middle of the coaxial tube 45b from RF oscillator 5 and electric supply to each slot antenna is performed, in the middle of the coaxial tube 45a connected to each slot antenna,

the phase correction machine 47 (phase control means) is connected. This phase correction machine 47 is used for amendment of a gap of the feeding phase between each slot antenna produced in the case of parallelization of an antenna, and first rank matching adjustment of impedance.

[0033]That is, the feeding phase of the high frequency impressed to the feeding point 23 by the side of the inside conductor 21 has composition which can be individually adjusted between each slot 20 from RF oscillator 5. Therefore, it is good also as in phase and the phase of each slot 20 may be changed intentionally. The matching box 27 for stage bias and RF oscillator 28 are connected also to the process treatment stage 11 one by one. These RF oscillators 5 and 28 may oscillate high frequency (several MHz - several gigahertz).

[0034]When using the plasma treatment apparatus of the above-mentioned composition, after exhausting the inside of the vacuum chamber 1 to the number mTorr - a number Torr grade using the vacuum pump 3, while introducing O₂ gas, high frequency is impressed to the slot antenna 4 from RF oscillator 5. Then, electromagnetic waves are emitted from each slot 20 of the slot antenna 4, and the plasma P occurs in the vacuum chamber 1. When the resist on the oxygen radical which was able to dissociate and do O₂ gas in the plasma P, and semiconductor wafer W causes a chemical reaction, resist decomposes and evaporates and is removed.

[0035]The plasma treatment apparatus of this embodiment is having formed two or more slots 20 and 20 and -- on the conductor board 19 of one sheet, and serves as a gestalt which carried out parallel arrangement of two or more slot antennas. Therefore, in addition to the ability to design freely, the shape and the size of one slot can be freely designed also about arrangement and the relative position of two or more slot antennas. Thus, since flexibility when designing a slot antenna is enabled to equalize the intensity distribution of the electromagnetic field in the vacuum chamber 1 using a high thing, Large caliber-ization of plasma can be attained it becoming easy to control the homogeneity's of plasma density, and maintaining the homogeneity of plasma density. As a result, according to the plasma treatment apparatus of this embodiment, the semiconductor wafer of a large caliber can be processed with sufficient homogeneity, and it can be considered as a good plasma treatment apparatus to large-caliber-izing.

[0036]Generating of the electrostatic field which is proportional to the reverse cube of the distance r from an antenna by the operation peculiar to a slot antenna which was mentioned above can be suppressed by having adopted the slot antenna as an antenna which makes electromagnetic field. Therefore, since Vdc of the vacuum chamber 1 surface which exists between an antenna and plasma does not go up and sputtering to the vacuum chamber 1 surface does not arise, generating of the impurity which was a problem of the conventional device can be prevented. Since there is no rise of Vdc and it becomes unnecessary to use a

Faraday shield, energy can be efficiently supplied to plasma and a plasma treatment apparatus with high energy efficiency can be realized.

[0037] Since a slot antenna has a dipole antenna and **** structure, when analyzing the electromagnetic field distribution by a slot antenna, for example, the analysis result in a slot antenna can be obtained based on the analysis result in a dipole antenna. Therefore, it becomes possible to design a slot antenna easily and efficiently in manufacture of a plasma treatment apparatus. In order that the manufacture of a slot antenna may just cut a slot to a conductor board while the structure of a device is dramatically easy so that it may understand, even if it sees drawing 1, it also has the advantage that manufacture of a device becomes easy.

[0038] In the range which is not limited to the above-mentioned embodiment and does not deviate from the meaning of this invention, the technical range of this invention can add various change. For example, in the above-mentioned embodiment, although shape of the slot 20 was made into rectangular looped shape, it may replace with this and the thing of other gestalten may be used. using the circular slot 30 as shown in drawing 6 -- the above-mentioned embodiment -- the same -- the inside conductor 31 and the outer conductor 32 -- it is alike, respectively and may be made to form the feeding points 33 and 34

[0039] It may replace with the slot of the loop shape with which the ends of the slot were connected, and as shown in drawing 7, plurality and the formed slot antenna may be used for the linear shape simple slot 37 on the conductor board 36 of one sheet. In that case, the feeding points 38 and 38 will be formed in both the sides of the slot 37. When two or more slots are established and electric power is only supplied on the conductor board of one sheet, a shunt effect shows up depending on using frequency. In this case, the structure of dividing with the dielectric 39 between each slot 37 is adopted.

[0040] And about the arrangement and the number of the slots established on a conductor board, it can set up arbitrarily, and the shape and size can be further set up arbitrarily also about each slot. It is good also as the composition which did not establish two or more slots on the conductor board of one sheet, but provided the slot in two or more independent conductor boards, respectively, i.e., composition installed in a device combining two or more slot antennas. And a design variation is possible suitably about other components other than the slot antenna in a plasma treatment apparatus, and, of course, it is also possible to apply the plasma treatment apparatus of this invention not only to an ashing device but to arbitrary etching devices etc.

[0041]

[Effect of the Invention] As mentioned above, as explained in detail, according to the plasma treatment apparatus of this invention, generating of the electrostatic field in a processing chamber can be suppressed by having adopted the slot antenna as a plasma generation

means. As a result, since Vdc of the processing chamber case surface does not go up, the problem of a device is conventionally [, such as impurity generating and an energy efficiency fall,] cancelable. By adoption of a slot antenna, the intensity distribution of the electromagnetic field in a processing chamber can be equalized using the flexibility on a slot antenna design being high, for example so that parallel arrangement of two or more slots can be carried out on a conductor. Therefore, it becomes easy to control the homogeneity of plasma density, and large caliber-ization of plasma can be attained. That is, according to this invention, the substrate of a large caliber can be processed with sufficient homogeneity, and it can be considered as a suitable plasma treatment apparatus to large-caliber-izing of a treating substrate.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is an outline lineblock diagram showing the plasma treatment apparatus which is the 1 embodiment of this invention.

[Drawing 2]It is a top view showing the slot antenna of a **** device.

[Drawing 3]It is a figure showing an example of the slot size of a **** slot antenna.

[Drawing 4]It is an outline lineblock diagram showing the feed structure of a **** slot antenna.

[Drawing 5](a) It is a figure showing the **** structure of a clinch dipole antenna and (b) clinch slot antenna.

[Drawing 6]It is a top view showing other examples of slot shape.

[Drawing 7]It is a top view showing other examples of a slot antenna.

[Drawing 8]It is a figure for explaining the mechanism of the Vdc rise by the electrostatic field effect.

[Drawing 9](a) It is a figure showing the **** structure of a slot antenna and the (b) dipole antenna.

[Drawing 10]It is a figure showing the direction of the electromagnetic field in a dipole antenna.

[Description of Notations]

- 1 Vacuum chamber (processing chamber)
- 2 O₂ gas supply source (gas supply means)
- 3 Vacuum pump (exhaust means)
- 4 Slot antenna (plasma generation means)
- 5 RF oscillator (an RF generator, a plasma generation means)
- 18 Dielectric
- 19 and 36 Conductor board (conductor)
- 20, 30, and 37 Slot
- 21 and 31 Inside conductor

22 and 32 Outer conductor

23, 24, 33, and 34 Feeding point

47 Phase correction machine (phase control means)

P Plasma

W Semiconductor wafer (substrate)

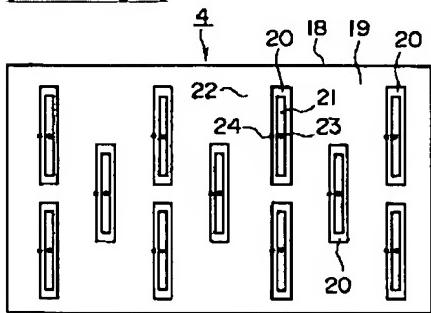
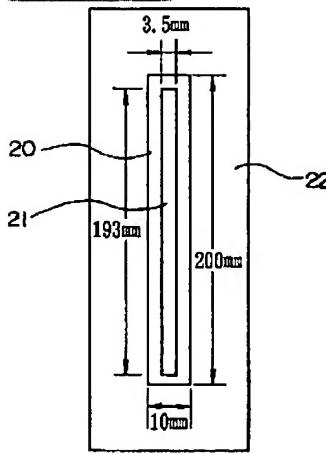
[Translation done.]

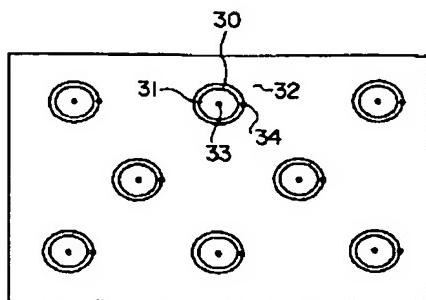
*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

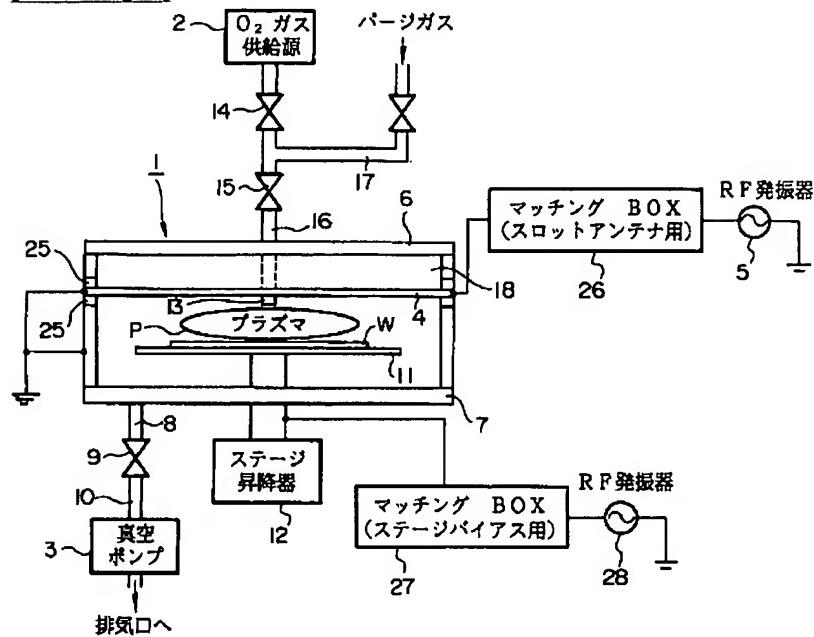
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

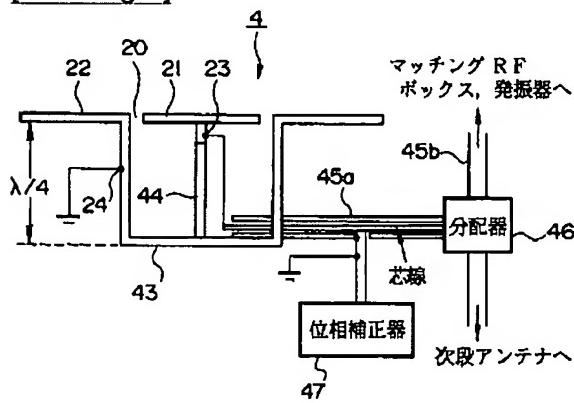
[Drawing 2]**[Drawing 3]****[Drawing 6]**



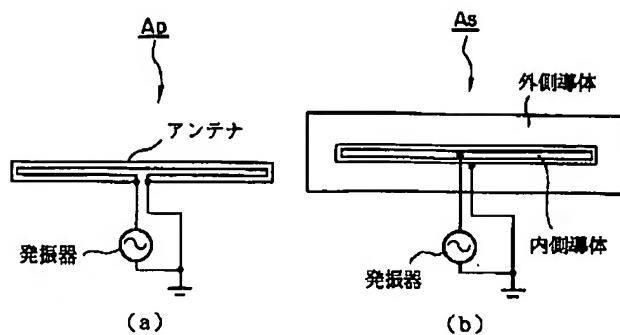
[Drawing 1]



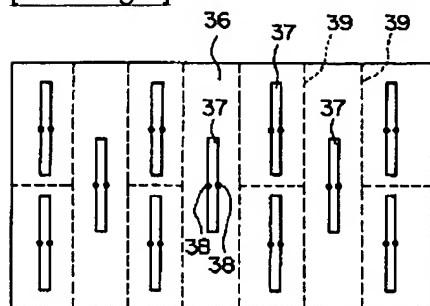
[Drawing 4]



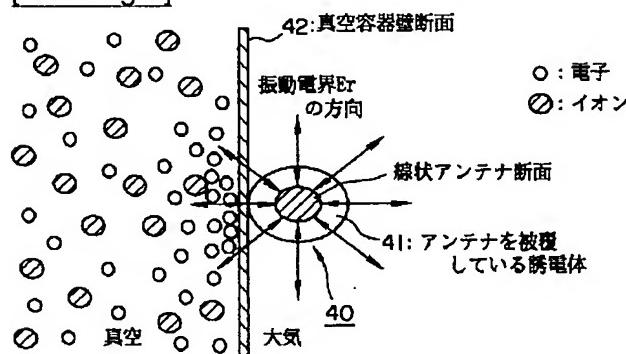
[Drawing 5]



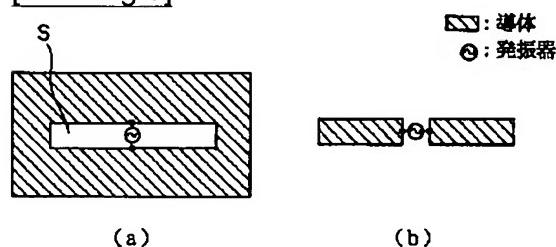
[Drawing 7]



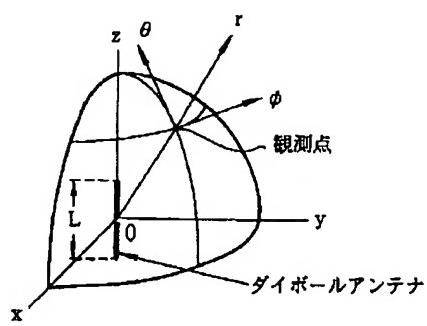
[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Drawing 10]



[Translation done.]